

# **|Ingeniería de software para sistemas embebidos, sistemas críticos y entrega continua de software**

Irrazábal, Emanuel; Mascheroni, Maximiliano Agustín; Sambrana, Iván; Alonso, José Manuel ; Acevedo, Joaquín; Lezcano, Andrea

1: Departamento de Informática. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. Universidad Nacional del Nordeste

eirrazabal@exa.unne.edu.ar

## **Resumen**

Esta línea de investigación aborda temas de ingeniería del software en sistemas tradicionales y su traslado tanto a sistemas embebidos como a sistemas críticos. Se espera la aplicación de la tecnología de desarrollo software en sistemas embebidos para el ámbito regional orientado a las entidades de ciencia y tecnología. En este sentido se está trabajando, por un lado, la construcción de un modelo de procedimientos para la gestión de requerimientos en entidades agrícolas con una cultura organizacional jerárquica, específicamente las entidades yerbateras del nordeste argentino. Y por otro lado en el soporte para el desarrollo de sistemas críticos con aplicación al ámbito ferroviario nacional.

Finalmente se está trabajando en el desarrollo de procedimientos para la formalización de las pruebas continuas, en la disciplina de entrega continua, lo cual facilitará los ensayos en los desarrollos ágiles.

**Palabras clave:** Ingeniería de software, entrega continua, sistemas embebidos, sistemas críticos

## **Contexto**

La línea de Investigación y Desarrollo presentada en este trabajo corresponde al

proyecto PI-F17-2017 “Análisis e implementación de tecnologías emergentes en sistemas computacionales de aplicación regional.”, acreditado por la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) para el periodo 2018-2021.

## **Introducción**

### **Ingeniería de software para sistemas embebidos y sistemas críticos**

Un sistema embebido es aquel sistema basado por lo general en un microprocesador, sensores y actuadores diseñado para realizar funciones dedicadas [1]. Y han cobrado gran importancia desde el punto de vista de los sistemas de información con el uso de plataformas tipo Arduino para el desarrollo rápido de prototipos [2].

En este sentido, el foco del grupo de investigación estará puesto en el desarrollo de soluciones para entidades regionales, en particular para la agricultura y los grupos de investigación de la universidad.

Asimismo, en el marco de los sistemas embebidos se encuentran los sistemas críticos cuyo mal funcionamiento o fallo pueden resultar en pérdida de vidas humanas, equipos, instalaciones o daños medio ambientales severos [9]. Por ello, uno de los ámbitos de mayor utilización de sistemas críticos es el ferroviario.

En particular, el sistema público ferroviario argentino se encuentra

centralizado, y aunque se percibe como poco importante constituye un eslabón fundamental para la industria. En Argentina cada día tres millones de personas viajan en tren o subte y el 10% del PBI se moviliza por ferrocarril [3]. Sin embargo, todos los sistemas electrónicos para la seguridad vial de trenes y subtes son importados y muy caros. Esta situación ha favorecido que ocurran terribles accidentes [5] y ha urgido al Estado a adquirir en el exterior trenes y sistemas de seguridad ferroviaria, lo que implica enormes gastos en dólares y depender de tecnología extranjera [6][7]. Pero en la mayoría de los casos los accidentes se podrían haber evitado mediante el uso de sistemas electrónicos apropiados, que hoy en día son habituales en países con alto desarrollo tecnológico. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, en la actualidad estos sistemas no se desarrollan en la Argentina.

Los sistemas ferroviarios son complejos, compuestos por distintos componentes software, hardware y humanos, que interactúan con su entorno de maneras muy variadas. Un fallo en uno de estos componentes o subsistemas puede llegar a tener asociados distintos niveles de peligros, pudiendo causar pérdidas financieras, daño al equipamiento, daños ambientales, lesiones a personas o en los peores casos pérdidas de vidas humanas. Por estos motivos dichos sistemas se encuentran regulados con distintas leyes y normativas cuyo fin es preservar los recursos anteriormente mencionados [8]. Algunos de los principales organismos que regulan esta actividad son el Comité Europeo de Normalisation Electrotechnique (CENELEC) en Europa o la International Electrotechnical Commission (IEC) en América.

Una de las características más importantes de los sistemas que estas normas intentan reforzar durante todo su ciclo de vida son las de fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad (RAMS por sus siglas en inglés).

Las principales normas propuestas por el CENELEC orientadas a la resolución de la problemática explicada anteriormente son las siguientes:

- EN 50126 [9]: Aplicaciones ferroviarias. La especificación y demostración de Fiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Seguridad (RAMS). Esta norma se orienta principalmente al cumplimiento de las características RAMS del sistema en general.
- EN 50128 [10]: Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Software para sistemas de control y protección del ferrocarril. Esta norma se centra principalmente en la calidad de los aspectos software de los sistemas de ferrocarriles.
- EN 50129 [11]: Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Sistemas electrónicos relacionados con la seguridad para la señalización. Esta norma se centra principalmente en los aspectos de calidad del hardware de los sistemas de ferrocarriles.

El propósito de esta línea de trabajo es, por tanto, desarrollar los sistemas de gestión y la construcción del ecosistema de herramientas que lo instrumenten, así como su verificación y validación en ensayos junto con la Autoridad Ferroviaria Nacional, teniendo en cuenta el cumplimiento de la normativa EN 50128.

### **Ingeniería de Software para Entrega Continua**

Tal y como lo describe la segunda ley de Lehman [12], el software necesita ser cada vez más complejo para satisfacer las necesidades de los usuarios. Esto, sumado a la importancia de detectar errores en la etapa de captura de requerimientos por sus costos [13], hace a la validación de los requerimientos una etapa crítica en el desarrollo de las aplicaciones [14].

A su vez, la mayoría de las Empresas Yerbateras que se encuentran en la provincia de Misiones tienen una estructura jerárquica tradicional, donde se identifican necesidades para gestión y seguimiento de tareas relacionadas a la Ingeniería de Software [15]. Estas empresas en su mayoría cuentan con un directorio que toma las decisiones, el cual conoce el negocio, pero no cuenta con el tiempo o la heurística suficientes para manifestar sus necesidades.

En este sentido, los desarrollos de metodologías ágiles representan un avance en la manera de construir sistemas; usando métodos, como, por ejemplo: el prototipado, las historias de usuario y los casos de uso. Esto hace posible la entrega temprana de valor, la respuesta rápida a los cambios y la colaboración constante del equipo de trabajo con los clientes [16][17].

Entonces, haciendo foco en la gestión de los requerimientos, es posible adaptar técnicas ágiles las cuales tendrán un fuerte impacto positivo [18][19], especialmente en PYMEs con problemas al momento de la gestión de sus requerimientos.

Las herramientas y prácticas genéricas deben ser seleccionadas y adaptadas para la empresa, tamaño y dominio específico. Y así, reducir los problemas causados por el no alineamiento tales como requisitos implementados incorrectamente, retrasos y esfuerzos desperdiciados [20].

Desde otro punto de vista, en el ámbito de fábricas de software se busca llevar adelante el desarrollo de las soluciones software con un enfoque evolutivo. Esto es cubierto por el enfoque de la ingeniería del software conocido como Entrega Continua de Software, en inglés Continuous Delivery (CD). Este es un enfoque en el cual los equipos mantienen la producción de software en ciclos cortos de tiempo, asegurando que el producto pueda ser lanzado de manera fiable en cualquier momento [21]. El objetivo es poder lanzar a producción un producto software libre de defectos “*con solo apretar un botón*” [22].

Uno de los principales desafíos de este enfoque es la calidad del producto software resultante. Ésta puede disminuir, dado que, al realizarse los despliegues del sistema con mayor frecuencia, aparecen más defectos en el producto. Por tanto, es esencial desarrollar un enfoque de priorización de los diferentes aspectos en la calidad del producto software, teniendo en cuenta la forma de trabajo actual de las empresas de desarrollo software.

## **Líneas de investigación y desarrollo**

En la línea de Ingeniería de Software para Sistemas Embebidos y Sistemas Críticos:

- Desarrollar soluciones de sistemas embebidos con microcontroladores que solucionen problemas regionales y apoyen a los grupos de investigación locales.
- Realizar pruebas de concepto para la construcción de arquitecturas software y diseños específicos con patrones orientados a sistemas críticos de altas prestaciones.

En la línea de Ingeniería de Software y Entrega Continua:

- Utilizar el modelo de procedimientos para la gestión de requerimientos en PYMEs yerbateras a partir de técnicas ágiles.
- Desarrollar un modelo de diseño y ejecución de pruebas continuas de software, especialmente orientado a flaky test y crossbrowsing testing.

## **Resultados obtenidos**

El grupo de investigación es de reciente formación, por lo cual se enumeran los resultados de este último año. A continuación se indican:

En la línea de Ingeniería de Software para Sistemas Embebidos y Sistemas Críticos:

- En [23] se realizó una revisión sistemática de la literatura con el fin de identificar las principales técnicas y

herramientas con las que sumar aspectos de seguridad a la gestión de requerimientos software tradicional.

- En [24] se describe un procedimiento para el diseño de arquitectura software orientada a sistemas críticos ferroviarios de acuerdo con la normativa EN 50128.
- En [25] se describe una metodología de desarrollo de software para aplicaciones ferroviarios de acuerdo con la normativa EN 50128.
- En [26] y [27] se describen en detalle dos implementaciones de proyectos software para sistemas críticos ferroviarios nacionales que se realizan con la metodología descrita en [25].

Asimismo, se realizó la primera Escuela de Mecatrónica Aplicada de Corrientes en el marco de un Acuerdo de Trabajo entre la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura (FACENA- UNNE) y el Ministerio de Industria, Trabajo y Comercio de la provincia de Corrientes [28].

En la línea de Ingeniería de Software para la Entrega Continua:

- En [29] se identificaron el conjunto de problemas que afectan a la calidad del software en las disciplinas de entrega continua y pruebas continuas teniendo en cuenta lo obtenido en revisiones sistemáticas de la literatura publicadas en años anteriores.
- En [30] se identificaron los factores claves para el éxito al realizar pruebas tipo *flaky* en servicios REST.
- En [31] se realizó una revisión sistemática de la literatura obteniendo las soluciones ante los problemas en pruebas continuas.
- En [32] también se realizó una revisión sistemática de la literatura orientada al cross-browser test.

## Formación de recursos humanos

En el Grupo de Investigación en Innovación en Software y Sistemas Computacionales (GISSC) están involucrados 5 docentes investigadores, 1

becario de investigación de pregrado, 1 tesista de doctorado y 3 tesistas de maestría. Cuatro alumnos de la carrera están realizando sus proyectos finales vinculado a estos temas.

## Referencias

- [1] Heath, Steve. *Embedded systems design*. Elsevier, 2002.
- [2] Jamieson, Peter. "Arduino for teaching embedded systems. are computer scientists and engineering educators missing the boat?." *Proc. FECS 2010* (2010): 289-294.
- [3] Sitio web con estadísticas CNRT: <https://www.cnrt.gob.ar/content/estadisticas>, Visitado: 19/02/2018.
- [4] Ingeniería y gestión del mantenimiento en el sector ferroviario (Spanish Edition) Paperback – 2010, Arques Paton José Luis.
- [5] Sitio web con ejemplos de accidentes ferroviarios argentinos:: [https://es.wikipedia.org/wiki/Categor%C3%ADa:Accidentes\\_ferrovirios\\_en\\_Argentina](https://es.wikipedia.org/wiki/Categor%C3%ADa:Accidentes_ferrovirios_en_Argentina). Visitado: 19/02/2018,
- [6] Sitio web com ejemplo de licitación: [https://www.clarin.com/ciudades/trenes-china-compra-licitacion-reestatizacion\\_0\\_rJduN7cwXe.html](https://www.clarin.com/ciudades/trenes-china-compra-licitacion-reestatizacion_0_rJduN7cwXe.html). Visitado: 19/02/2018.
- [7] [https://www.clarin.com/ieco/china-trenes\\_de\\_carga-randazzo-inversiones\\_0\\_rJygK8mKP7l.html](https://www.clarin.com/ieco/china-trenes_de_carga-randazzo-inversiones_0_rJygK8mKP7l.html)
- [8] J. L. Boulanger, "CENELEC 50128 and IEC 62279 Standards", *Control, Systems and Industrial Engineering Series*, John Wiley & Sons, Inc., 2015, p. 13.
- [9] EN 50126. *Railway applications - The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS)*. 2005.
- [10] EN 50128. *Railway applications - Communication, signalling and processing systems - Software for railway control and protection systems*. 2011.
- [11] EN 50129. *Railway applications - Communication, signalling and processing systems - Safety related electronic systems for signaling*. 2005.
- [12] M. Lehman, "On Understanding Laws, Evolution and Conservation in the Large Program Life Cycle", *J. of Sys. and Software*, vol. 13, pp. 213-221, 1980.

- [13] S. Maalem and N. Zarour, "Challenge of validation in requirements engineering", *Journal of Innovation in Digital Ecosystems*, vol. 3, no.1, pp. 15-21, 2016.
- [14] G. Kotonya and I. Sommerville, *Requirements engineering*. Chichester: John Wiley & Sons, 1998.
- [15] Plan Estratégico para el Sector Yerbatero – Yerba Mate Argentina", [Yerbamateargentina.org.ar](http://Yerbamateargentina.org.ar), 2016.
- [16] A. Sillitti and G. Succi, *Requirements Engineering for Agile Methods*. In: Aurum A., Wohlin C. (eds) *Engineering and Managing Software Requirements*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2005.
- [17] I. Inayat, S. Salim, S. Marczak, M. Daneva and S. Shamshirband, "A systematic literature review on agile requirements engineering practices and challenges", *Computers in Human Behavior*, 2014.
- [18] S. Dragicevic, S. Celar and L. Novak, "Use of Method for Elicitation, Documentation, and Validation of Software User Requirements (MEDoV) in Agile Software Development Projects", *CICN* 2014.
- [19] One, V. "State of agile development survey results", 2017.
- [20] E. Bjarnason, P. Runeson, M. Borg, M. Unterkalmsteiner, E. Engström, B. Regnell, G. Sabaliauskaite, A. Loconsole, T. Gorschek and R. Feldt, "Challenges and practices in aligning requirements with verification and validation: a case study of six companies", *Empirical Software Engineering*, vol. 19, no. 6, pp. 1809-1855, 2013.
- [21] L. Chen, "Continuous Delivery: Huge Benefits, but Challenges Too" in *IEEE Software* 03/2015. V. 32(2).
- [22] J. Humble and D. Farley. "Continuous delivery: reliable software releases through build, test, and deployment automation", 1st ed. Boston, US: Pearson Education, 2010.
- [23] Pinto Luft, Cristian, Emanuel Irrazabal, and Iván Sambrana. "Revisión Sistemática de la Literatura: aplicación de seguridad a requerimientos software de sistemas críticos ferroviarios." *XIX Simposio Argentino de Ingeniería de Software (ASSE)-JAIIO 47 (CABA, 2018)*. 2018.
- [24] Irrazábal, Emanuel, Iván Sambrana, and Cristian Pinto Luft. "Proceso para el diseño de la arquitectura software en un sistema crítico ferroviario según la norma EN-50128." *XIX Simposio Argentino de Ingeniería de Software (ASSE)-JAIIO 47 (CABA, 2018)*. 2018.
- [25] Irrazábal, Emanuel, Iván Sambrana, Cristian Pinto Luft, María de los Ángeles Gómez López, Sergio Gallina, Adrián Laiuppa, José Brizuela, Pablo Gomez, Ariel Lutenberg. "Metodología de desarrollo de aplicaciones ferroviarias según las normas ISO 9001 – EN 50128 " CASE 2018, Córdoba.
- [26] Adrián Laiuppa, Martín Amado, José Manuel Cruz, Facundo Larosa, Irrazábal, Emanuel, Iván Sambrana, Sergio Gallina, María de los Ángeles Gómez López, Ariel Lutenberg. "Sistema automático para ensayos de ciclo de vida de relés ferroviarios de seguridad." CASE 2018, Córdoba.
- [27] Adrián Laiuppa, Martín Amado, Sergio Gallina, Irrazábal, Emanuel, Iván Sambrana, Hugo Ferrari, Dario Baliña, Leandro Francucci, María de los Ángeles Gómez López, Juan Manuel Cruz, Pablo Gomez, Ariel Lutenberg. "Sistema de monitoreo remoto de barreras ferroviarias automáticas". CASE 2018, Córdoba.
- [28] Acuerdo de Cooperación entre la FACENA y el Ministerio de Industria, Trabajo y Comercio de Corrientes para la puesta en marcha de la Escuela de Mecatrónica Aplicada de Corrientes según Res. 0539/18 CD Facena.
- [29] Mascheroni, Maximiliano; Irrazábal, Emanuel. Problemas que afectan a la Calidad de Software en Entrega Continua y Pruebas Continuas. CACIC 2018
- [30] Mascheroni, M. A., & Irrazábal, E. (2018). Identifying key success factors in stopping flaky tests in automated REST service testing. *Journal of Computer Science and Technology*, 18(02), e16-e16.
- [31] Mascheroni, M. A., & Irrazábal, E. (2018). Continuous Testing and solutions for testing problems in Continuous Delivery: A Systematic Literature Review. *Computación y Sistemas*, 22(3).
- [32] J Sabaren, L. N., Mascheroni, M. A., Greiner, C. L., & Irrazábal, E. (2018). A Systematic Literature Review in Cross-browser Testing. *Journal of Computer Science and Technology*, 18(01), e03.